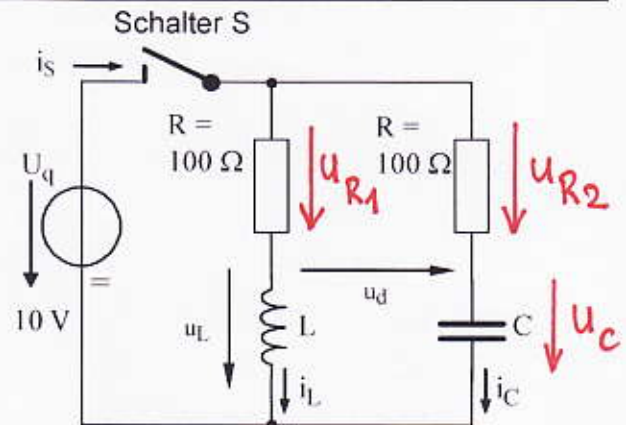


Zugelassene Hilfsmittel: beliebige eigene  
 Aufgabensteller: Buch, Göhl, Hessel, Höcht, Kielburger,  
 Klein, Meyer, Thiessen, Tinkl, Wermuth  
 Arbeitszeit 90 Minuten

A	1	2	3	4	$\Sigma$	N

### Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Eine Spule und ein Kondensator werden gleichzeitig über den Schalter S an eine Spannungsquelle von  $U_q = 10 \text{ V}$  gelegt, wobei jedes Bauelement einen eigenen Vorschaltwiderstand von  $R = 100 \Omega$  besitzt.



1.1 Welche Bedingung müssen  $L$  und  $C$  erfüllen, damit die Stromverläufe von  $i_L$  und  $i_C$  die gleiche Zeitkonstante  $\tau$  aufweisen?

$$\tau_1 = R \cdot C \quad \tau_2 = \frac{L}{R}$$

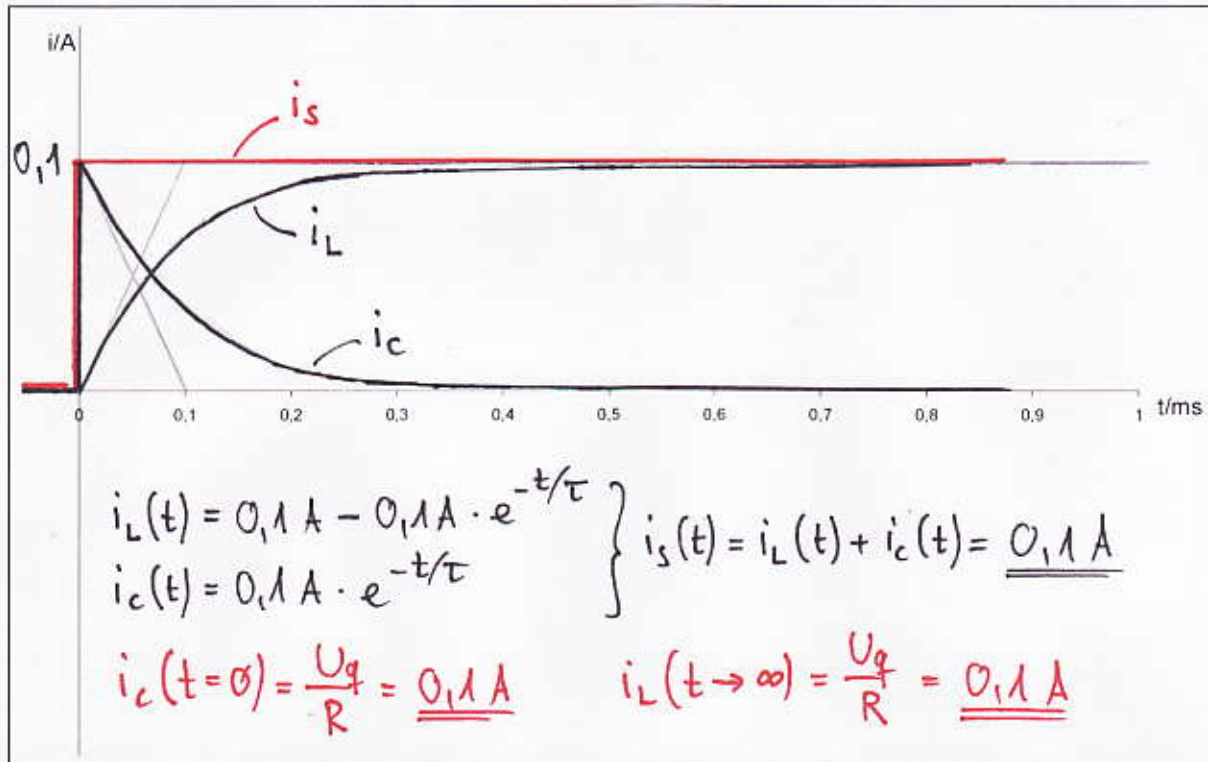
$$\tau_1 \stackrel{!}{=} \tau_2 \Rightarrow \underline{\underline{R^2 = \frac{L}{C}}}$$

1.2 Berechnen Sie Zahlenwerte für  $C$  und  $L$  für die Bedingung nach 1.1, wobei  $\tau = 0,1 \text{ ms}$  sein soll.

$$\tau_1 = 0,1 \text{ ms} = R \cdot C = 100 \Omega \cdot C \rightarrow \underline{\underline{C = 1 \mu\text{F}}}$$

$$\tau_2 = 0,1 \text{ ms} = \frac{L}{R} = \frac{L}{100 \Omega} \rightarrow \underline{\underline{L = 10 \text{ mH}}}$$

- 1.3 Für  $t < 0\text{s}$  ist der Schalter seit sehr langer Zeit geöffnet. Zum Zeitpunkt  $t = 0\text{s}$  wird der Schalter geschlossen.  $i_L$  und  $i_C$  weisen die gleiche Zeitkonstante  $\tau = 0,1\text{ ms}$  auf. Zeichnen Sie die Ströme  $i_L$ ,  $i_C$  und den Gesamtstrom  $i_S$  in das angegebene Diagramm ein, und beschriften Sie es vollständig (Anfangswerte, Endwerte und die Zeitkonstante  $\tau$  sollen erkennbar sein).



- 1.4 Welche Energie ist nach Beendigung des Schaltvorganges in L und in C gespeichert?

$$W_L = \frac{1}{2} L \cdot i_{\max}^2 = \frac{1}{2} 0,01\text{ H} \cdot (0,1\text{ A})^2 = \underline{\underline{50\text{ }\mu\text{J}}}$$

$$W_C = \frac{1}{2} C U_q^2 = \frac{1}{2} 1\text{ }\mu\text{F} (10\text{ V})^2 = \underline{\underline{50\text{ }\mu\text{J}}}$$

- 1.5 Nach dem Abklingen des Einschaltvorganges wird der Schalter wieder geöffnet.

Welche Spannung  $u_L$  liegt unmittelbar nach dem Öffnen des Schalters an der Spule (Rechenweg!)?

- $i_L$  ändert sich nur stetig  $\rightarrow$  im gesamten Kreis fließt zunächst der Strom  $i_L(t \rightarrow \infty) = 0,1\text{ A}$
- $u_C$  ändert sich nur stetig, hat also zunächst den Wert  $u_C = U_q = 10\text{ V}$  Strom auf d. rechten Seite fließt „nach oben“!
- $u_{R1} + u_L - u_C - u_{R2} = 0 \rightarrow R \cdot i_L + u_L - U_q - (-i_L \cdot R) = 0$   
 $\rightarrow u_L = 10\text{ V} - 2 \cdot 100\text{ }\Omega \cdot 0,1\text{ A} = \underline{\underline{-10\text{ V}}}$

**Aufgabe 2** (ca. 19 Punkte)

Die nebenstehende Schaltung (Bild 1a) soll in eine Ersatzspannungsquelle gemäß Bild 1b umgerechnet werden.

Die Werte der Bauelemente lauten:

$$U_0 = 8\text{V}, R_1 = 20\ \Omega, R_2 = 25\ \Omega,$$

$$R_3 = 20\ \Omega, R_4 = 30\ \Omega.$$

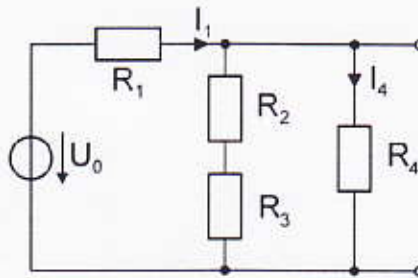


Bild 1a

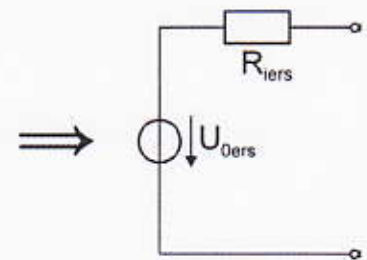
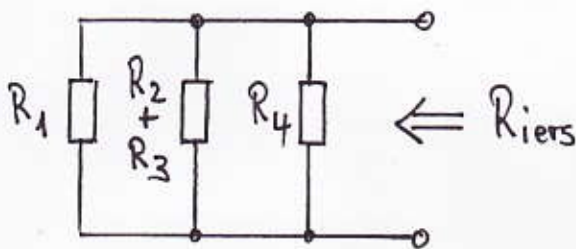


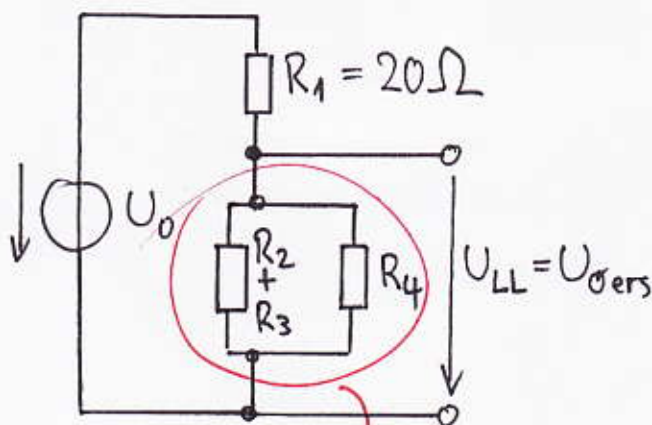
Bild 1b

2.1 Berechnen Sie den Widerstand  $R_{\text{ers}}$ . (Ersatzwert  $R_{\text{ers}} = 10\ \Omega$ )



$$\frac{1}{R_{\text{ers}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_4} \rightarrow \underline{\underline{R_{\text{ers}} = 9,47\ \Omega}}$$

2.2 Berechnen Sie die Spannung  $U_{\text{ers}}$ . (Ersatzwert  $U_{\text{ers}} = 4\text{V}$ )



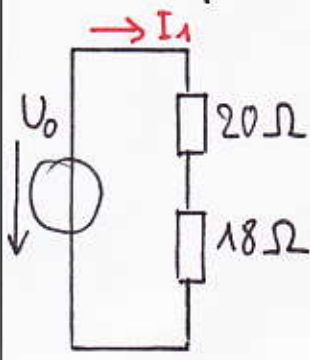
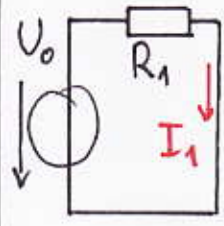
$$(R_2 + R_3) \parallel R_4 = 18\ \Omega$$

Spannungsteiler:

$$\frac{U_0}{(20 + 18\ \Omega)} = \frac{U_{\text{ers}}}{18\ \Omega} \rightarrow \underline{\underline{U_{\text{ers}} = 3,79\text{V}}}$$



2.3 Berechnen Sie die Ströme  $I_1$  und  $I_4$  bei Leerlauf **und** bei Kurzschluß an den Ausgangsklemmen.  
(Ersatzwerte:  $I_1 = 200 \text{ mA}$ ,  $I_4 = 100 \text{ mA}$ )

<p><u>Leerlauf:</u></p>  $I_1 = \frac{8V}{(20+18)\Omega}$ $\rightarrow \underline{I_1 = 210,5 \text{ mA}}$ $U_{R4} = U_0 - I_1 \cdot R_1$ $\rightarrow \underline{U_{R4} = 3,79 \text{ V}}$ $\rightarrow \underline{I_4 = \frac{U_{R4}}{R_4} = \frac{3,79 \text{ V}}{30 \Omega} = 126,3 \text{ mA}}$	<p><u>Kurzschluss:</u></p>  $I_1 = \frac{U_0}{R_1}$ $\rightarrow \underline{I_1 = 400 \text{ mA}}$ <p>Wegen Kurzschluss ist:</p> $U_{R4} = 0 \text{ V} \rightarrow I_{R4} = U_{R4} / R_4$ $\rightarrow \underline{I_{R4} = 0 \text{ mA}}$
---	---

2.4 Welche Leistung wird in  $R_2$  umgesetzt, wenn an den Ausgangsklemmen Leerlauf bzw. Kurzschluß herrscht?

<p><u>Leerlauf:</u></p> $I_2 = I_1 - I_4 = (210,5 - 126,3) \text{ mA}$ $\rightarrow I_2 = 84,2 \text{ mA}$ $\rightarrow \underline{P_{2L} = I_2^2 \cdot R_2 = 177 \text{ mW}}$	<p><u>Kurzschluss:</u></p> <p>Der komplette Strom fließt durch den Kurzschluss an den Widerständen <math>R_2</math>, <math>R_3</math>, <math>R_4</math> vorbei <math>\rightarrow I_{R2} = 0 \text{ mA} \rightarrow \underline{P_{2K} = 0 \text{ mW}}</math></p>
--	---

2.5 An die Ausgangsklemmen der Quelle wird ein Abschlusswiderstand  $R_a$  angeschlossen.

2.5.1 Wie groß muß  $R_a$  sein, damit er die maximale Leistung aufnimmt?

Leistungsanpassung:  $R_a \stackrel{!}{=} R_{\text{iers}} = \underline{9,47 \Omega}$

2.5.2 Berechnen Sie diese Leistung.

$$P_{\text{amax}} = \frac{U_{\text{oers}}^2}{4 \cdot R_{\text{iers}}} = \frac{(3,79 \text{ V})^2}{4 \cdot 9,47 \Omega} = \underline{379 \text{ mW}}$$

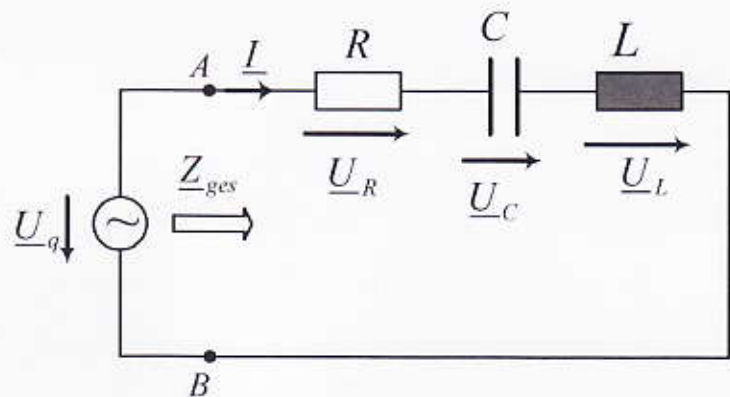
**Aufgabe 3** (ca. 17 Punkte)

Die nebenstehende Schaltung wird mit einer Wechselspannungsquelle betrieben.

Folgende Werte seien gegeben:

$\underline{U}_q = 230 \text{ V}$ ,  
(Der Phasenwinkel von  $\underline{U}_q$  sei  $0^\circ$ .)

$C = 212,206 \text{ } \mu\text{F}$ .



Für die Aufgabenteile 3.1 bis 3.3 gilt:  $\underline{I} = (23 + j23) \text{ A}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

3.1 Berechnen Sie den komplexen Gesamtwiderstand  $\underline{Z}_{\text{ges}}$  rechts von den Klemmen A und B und geben Sie die Werte für R und L an. (Ersatzwerte:  $R = 10 \text{ } \Omega$ ,  $L = 15,9 \text{ mH}$ )

$$\underline{Z}_{\text{ges}} = \frac{\underline{U}_q}{\underline{I}} = \frac{230 \text{ V}}{(23 + j23) \text{ A}} = (5 - j \cdot 5) \text{ } \Omega$$

$\uparrow$  R       $\underbrace{\quad}_{L \text{ und } C}$

$$\rightarrow \underline{R} = 5 \text{ } \Omega$$

$$\rightarrow \underline{Z}_C + \underline{Z}_L = \frac{1}{j\omega C} + j\omega L = -j \cdot 5 \text{ } \Omega$$

$$\rightarrow L = \left( -5 \text{ } \Omega + \frac{1}{\omega C} \right) \cdot \frac{1}{\omega} \quad \text{mit } \omega = 2\pi f$$

$$\rightarrow \underline{L} = 31,83 \text{ mH}$$

3.2 Berechnen Sie die komplexen Spannungen  $\underline{U}_R$  und  $\underline{U}_C$ .

$$\underline{U}_R = \underline{Z}_R \cdot \underline{I} = R \cdot \underline{I} = 5 \text{ } \Omega \cdot (23 + j23) \text{ A} = (115 + j115) \text{ V}$$

$$\underline{U}_C = \underline{Z}_C \cdot \underline{I} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \underline{I} = \frac{1}{j2\pi 50 \text{ Hz} \cdot 212 \text{ } \mu\text{F}} \cdot (23 + j23) \text{ A} = (345 - j345) \text{ V}$$

3.3 Welche Scheinleistung  $S$ , Wirkleistung  $P$  und Blindleistung  $Q$  nimmt die Schaltung auf?

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = 230V \cdot (23 - j \cdot 23) A = \underline{\underline{(5290 - j 5290) VA}}$$

$$\rightarrow S = |\underline{S}| = \underline{\underline{7481,19 VA}}$$

$$\rightarrow P = \operatorname{Re}\{\underline{S}\} = \underline{\underline{5290 W}}$$

$$\rightarrow Q = \operatorname{Im}\{\underline{S}\} = \underline{\underline{-5290 var}}$$

Nun sei die Frequenz  $f$  der Wechselspannungsquelle variabel einstellbar.

3.4 Bei welcher Frequenz liegen  $\underline{U}_q$  und  $\underline{I}$  in Phase?

Impedanzen  $\underline{Z}_L$  und  $\underline{Z}_C$  heben sich auf:

$$\underline{Z}_L + \underline{Z}_C = j\omega L - j \cdot \frac{1}{\omega C} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\rightarrow \omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{1}{LC}} \rightarrow f = \underline{\underline{61,24 Hz}}$$

3.5 Wie groß ist in diesem Fall der komplexe Strom  $\underline{I}$ ?

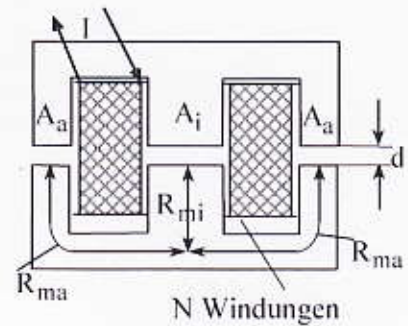
$$\underline{Z}_{\text{ges}} = \underline{Z}_R + \cancel{\underline{Z}_C} + \cancel{\underline{Z}_L} = \underline{Z}_R = R$$

$$\rightarrow I = \frac{U}{\underline{Z}_R} = \frac{230V}{5\Omega} = \underline{\underline{46 A}}$$



**Aufgabe 4** (ca. 17 Punkte)

Der Magnetkreis eines Hubmagneten besteht aus zwei zusammengesetzten gleichen E-Kernen, wobei der untere Kern durch die Magnetkraft angehoben werden kann. Den Mittelschenkel umschließt eine Wicklung mit  $N=250$  Windungen. Jeder E-Kern ist durch die magnetischen Widerstände der Außenschenkel  $R_{ma}$  und den des inneren Schenkels  $R_{mi}$  charakterisiert (siehe nebenstehendes Bild). Zwischen den beiden Kernhälften befindet sich im Ruhezustand ein Luftspalt mit der Dicke  $d$ . Der Querschnitt des Innenschenkels  $A_i$  ist doppelt so groß wie der äußere Querschnitt  $A_a$ .



Folgende Werte sind gegeben:

$$R_{ma} = 3 \cdot 10^6 \text{ A/Vs}$$

$$R_{mi} = 10^6 \text{ A/Vs}$$

$$A_i = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_a = 2 \text{ cm}^2$$

$$d = 2,512 \text{ mm}$$

$$N = 250$$

4.1 Berechnen Sie  $R_{mLi}$  und  $R_{mLa}$ ,

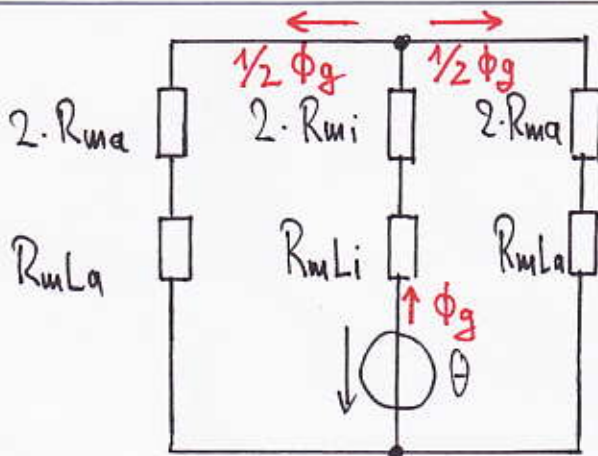
das

sind die magnetischen Widerstände des inneren und des äußeren Luftspaltes.

$$R_{mLi} = \frac{d}{\mu_0 A_i} = \frac{0,002512 \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 4 \cdot (0,01 \text{ m})^2} = \underline{\underline{5 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}}}$$

$$A_a = \frac{1}{2} A_i \rightarrow R_{mLa} = 2 \cdot R_{mLi} = \underline{\underline{10 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}}}$$

4.2 Skizzieren Sie das elektrische Analogieersatzschaltbild des gesamten Magnetkreises und tragen Sie die Aufteilung des Gesamtflusses  $\Phi_g$  auf die beiden Außenschenkel ein. In welchem Verhältnis stehen die Flussdichten  $B_a$  in den Außenschenkeln zur Flussdichte im Mittelschenkel  $B_i$ ?



$$\Phi_A = \frac{1}{2} \Phi_g$$

$$B_A \cdot A_A = \frac{1}{2} B_i \cdot A_i$$

$$B_A \cdot \frac{1}{2} A_i = \frac{1}{2} B_i \cdot A_i$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{B_A = B_i}}$$

$\rightarrow$  Auch die Flussdichten in den drei Luftspalten sind gleich groß!

4.3 Berechnen Sie den magnetischen Ersatzwiderstand  $R_{me}$  mit dem die Durchflutungsquelle belastet wird. (Ersatzwert:  $R_{me} = 5 \cdot 10^6 \text{ A/Vs}$ )

$$\begin{aligned}
 R_{me} &= (2R_{mi} + R_{mLi}) + \underbrace{(2R_{ma} + R_{mLa}) \parallel (2R_{ma} + R_{mLa})} \\
 &= (2R_{mi} + R_{mLi}) + \frac{1}{2} (2R_{ma} + R_{mLa}) \\
 &= [(2 \cdot 1 + 5) + \frac{1}{2} \cdot (2 \cdot 3 + 10)] \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}} \\
 &= \underline{\underline{15 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}}}
 \end{aligned}$$

4.4 Bei dem gegebenen Luftspalt soll die Anzugskraft der beiden Hälften  $F=5 \text{ N}$  betragen. Wie groß ist die erforderliche Flussdichte im mittleren Luftspalt? Wie groß ist der erforderliche Gesamtfluss  $\Phi_g$ ? (Ersatzwert:  $\Phi_g = 15 \cdot 10^{-5} \text{ Vs}$ )

- In allen Luftspalten ist  $B$  gleich groß (vergl. Punkt 4.2)!
- Gesamtfläche:  $A_{ges} = A_i + 2 \cdot A_A = 8 \text{ cm}^2$
- $F = 5 \text{ N} = \frac{B^2}{2\mu_0} \cdot A_{ges} \rightarrow \underline{\underline{B = 0,125 \text{ T}}} \quad (\rightarrow \text{Skript, Seite 4.22})$
- $\Phi_{ges} = B \cdot A_i = \underline{\underline{5,013 \cdot 10^{-5} \text{ Vs}}}$

4.5 Welche Stromstärke  $I$  in der Spule ist für die Erzeugung des Gesamtflusses erforderlich?

$$\begin{aligned}
 \Theta &= N \cdot I = R_{me} \cdot \Phi_{ges} \quad (\text{Ohmsches Gesetz des Magnetkreises!}) \\
 \rightarrow I &= \frac{R_{me} \cdot \Phi_{ges}}{N} = \underline{\underline{3 \text{ A}}}
 \end{aligned}$$

----- Viel Erfolg! -----